

휴대용 단말기 기반의 지능 로봇 사용자 인터페이스

김 기 오⁺ · Pham Dai Xuan⁺⁺ · 박 지 환⁺ · 홍 순 혁⁺⁺⁺ · 전 재 욱⁺⁺⁺⁺

요 약

사용자가 지능 로봇을 효율적으로 이용하려면 사용자와 지능 로봇을 연결해주는 사용자 인터페이스를 설계해야 한다. 본 논문에서는 지능 로봇의 기능과 자율화 수준에 따라 휴대용 단말기 기반의 사용자 인터페이스를 어떻게 구성해야 하는 지 분석하고, 이를 기반으로 PDA(Personal Digital Assistant)나 스마트폰과 같은 휴대용 단말기를 이용하여 지능 로봇을 원격에서 조종할 때 필요한 사용자 인터페이스를 개발하고자 한다. 영상 기반 인터페이스를 이용하면 사용자가 로봇의 동작을 직접 보면서 로봇을 조종할 수 있고, 지도 기반 인터페이스를 이용하면 전송되는 정보가 줄어들기 때문에 정보 전송 지연시간을 줄이면서 사용자가 로봇을 조종할 수 있다.

키워드 : 지능 로봇, 사용자 인터페이스, 자율화 수준, 원격 조종, 단말기

Mobile Terminal-Based User Interface for Intelligent Robots

Gi Oh Kim⁺ · Pham Dai Xuan⁺⁺ · Ji Hwan Park⁺ · Soon Hyuk Hong⁺⁺⁺ · Jae Wook Jeon⁺⁺⁺⁺

ABSTRACT

A user interface that connects a user to intelligent robots needs to be designed for executing them efficiently. In this paper, it is analyzed how to organize a mobile terminal based user interface according to the function and level of autonomy of intelligent robots and the user interface of PDA (Personal Digital Assistant) and smart phone is developed for controlling intelligent robots remotely. In the image-based user interface, a user can see the motion of a robot directly and control the robot. In the map-based interface, the quantity of transmission information is reduced and therefore a user can control the robot with a small delay of transmission time.

Key Words : Intelligent Robots, User Interface, Level of Autonomy, Remote Control, Terminal

1. 서 론

기존 산업용 로봇 분야에서는 반복작업을 정밀하게 수행하기 위하여 위치, 속도 제어 기술 등을 주로 개발하였고, 사용자 인터페이스는 순차적 프로그램 수준의 형태로 간단하게 구현하였다[1]. 그러나 지능 로봇은 산업용 로봇에 비해 여러 가지 기능과 자율화 수준(Level of Autonomy, LOA)이 향상됨에 따라 산업용 로봇과 다른 사용자 인터페이스를 개발할 필요가 있다[2]. 또한 지능 로봇의 정보 처리 능력이 향상됨에 따라 지능 로봇이 자율적으로 학습하여 얻은 정보나 각종 센서 신호를 처리하여 얻은 정보를 사용자에게 전달하는 방법도 로봇 사용 효율성을 높이는 방향으로 개발하여야 한다. 특히 PDA나 스마트폰과 같은 휴대용 단말기를 이용하여 지능 로봇을 원격 조종하는 경우에는 휴대

용 단말기 기능을 이용하여 원격지 로봇을 효율적으로 조종할 수 있도록 사용자 인터페이스를 개발해야 한다.

로봇이 전송한 영상 정보를 사용자 인터페이스에 이용하기 위한 연구가 많이 수행되었다. 로봇의 전방 카메라를 이용하여 사용자가 로봇의 시선을 그대로 볼 수 있도록 하는 연구에서 로봇의 전방 시선만으로는 로봇 주변의 환경을 이해하기가 어렵기 때문에 로봇의 센서를 이용하여 이런 단점을 극복하고자 하였다[3, 4]. 하지만 PDA의 작은 화면이 복잡해지고 사용자가 직관적으로 이해하기 어렵다는 단점을 가지고 있다. 로봇이 위치한 장소의 지도를 그려서 사용자에게 보여주는 지도 기반 인터페이스에서는 사용자에게 어떠한 지도를 보여주어야 사용자가 로봇이 위치한 환경을 쉽게 이해할 수 있는지에 대한 연구를 진행하였다[5]. 이 연구에서는 사용자가 지도를 볼 때 눈에 잘 띄는 지형 지물을 먼저 인식한다는 연구를 바탕으로 로봇 주행에 효율적인 지도를 설계하는 방법을 이론적으로 제안하였다. 전투지역이나 재난 구조현장에서 사용될 로봇을 위한 지도 기반 사용자 인터페이스를 구현한 연구에서는 가상의 지도 영상을 사용자 인터페이스에 전송하였으나 영상 정보를 전송하는 것

* 이 논문은 정통부 ITRC 지능형 HCI 융합센터에 의하여 지원되었음.

⁺준 회 원: 성균관대학교 대학원 전자전기공학부 석사과정

⁺⁺준 회 원: 성균관대학교 대학원 전자전기공학부 박사과정

⁺⁺⁺정 회 원: 삼성전자 통신연구소 책임연구원

⁺⁺⁺⁺중심회원: 성균관대학교 정보통신공학부 교수

논문접수: 2005년 6월 29일, 심사완료: 2006년 2월 27일

은 네트워크 부하를 늘리고 영상 출력으로 인한 프로세서의 정보 처리 부하를 늘린다는 단점이 있다 [6].

본 논문에서는 휴대용 단말기를 이용하여 다양한 지능 로봇을 효율적으로 조종할 수 있도록 하기 위한 사용자 인터페이스를 분석 개발하고 이에 대한 발전 방향을 제시하고자 한다. 2장에서는 지능 로봇의 인터페이스 기능을 기반으로 지능 로봇을 분석할 것이다. 3장에서는 휴대용 단말기의 각 기능이 지능 로봇을 조종하는 데 어떻게 사용될 수 있는 지 분석하고, 향후 다양한 지능 로봇을 조종하기 위하여 휴대용 단말기 상에서 사용자 인터페이스를 어떻게 구성해야 하는 지 분석한다. 4장에서는 실제 휴대용 단말기를 이용하여 영상 정보 기반 사용자 인터페이스와 지도 정보 기반 사용자 인터페이스를 개발하고 마지막으로 5장에서는 결론이 이루어진다.

2. 지능 로봇 인터페이스

미리 정해진 범위 내에서 동작하는 기존의 산업용 로봇과 달리 지능 로봇은 일반 환경에서 자유롭게 이동하며 인간을 포함한 주변 환경과 계속적인 상호 작용을 통해 환경 변화에 대응하여 행동을 결정할 수 있어야 한다. 지능 로봇의 인터페이스는 (그림 1)과 같이 상호 작용 대상에 따라 로봇과 환경, 로봇과 로봇 혹은 로봇과 정보 기기, 로봇과 인간 등으로 크게 세 가지로 나누어 볼 수 있다.

지능 로봇과 주위 환경 간의 인터페이스는 센서 신호를 처리하여 정보를 얻는 인터페이스 방법을 나타낸다. 즉 지능 로봇이 각종 센서와 카메라를 이용하여 주위 환경에 대한 정보를 수집하고 이를 이용해 장애물 인식과 회피, 자기 위치 인식 등의 동작을 수행 할 수 있다.

네트워크 기술의 발전으로 일반 가정이나 건물 내에서 디지털 정보 기기 사이에 통신이 가능한 것 마찬가지로 로봇과 다른 로봇 혹은 로봇과 정보 기기가 서로 정보를 교환하는 것이 가능하다. 지능 로봇이 IrDA, Bluetooth, 무선 LAN 등의 통신 방식을 이용하여 홈 네트워크 내 서버와 연결하여 정보를 교환하거나 정보 가전 기기를 직접 제어하는 작업 등을 수행할 수 있다.

인간과 지능 로봇 간의 인터페이스는 인간-로봇 상호작용 (Human Robot Interaction, HRI) 이라고도 불리며 인간

이 로봇에게 명령을 전달하는 기술과 로봇과 작업 환경에 대한 정보를 로봇이 인간에게 전달하는 기술을 포함한다. 인간과 지능 로봇 간의 인터페이스는 리모컨을 이용하는 방식, PDA등과 같은 휴대용 단말기를 이용하는 방식, 시각, 청각, 촉각 등 인간의 감각을 그대로 이용하는 방식으로 분류할 수 있다.

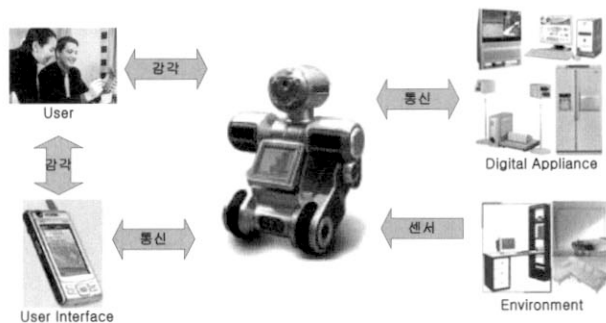
리모컨을 이용한 방식은 인간이 근거리에서 있는 로봇에게 간단한 명령을 전달하기 위해서 사용되며, 휴대용 단말기를 이용하는 방식은 인간이 근거리 또는 원거리에서 있는 로봇과 음성, 영상 정보 등 다양한 정보를 교환하기 위해 사용된다. 인간의 감각을 그대로 이용하는 방식은 인간과 로봇 사이에 별도의 장치를 사용하지 않는 방식으로 로봇이 인간의 음성 또는 얼굴을 인식하여 인간과 정보를 교환하는 것이다.

리모컨을 이용하여 조종하는 로봇은 자체적으로 내장된 프로그램을 기반으로 동작하며, 인간과의 상호 작용이 아닌 인간이 지시한 단순한 명령에 대해 미리 정해진 작업을 수행하는 경우가 많다. 지능 로봇의 초기 형태의 로봇으로서 기본 개념을 익히는데 도움을 줄 수 있는 마이크로마우스나 라인드레이서 등의 교육용 로봇과 이를 응용하여 결합한 형태의 장난감 로봇, 그리고 청소, 잔디 깎기 등 가사 노동을 대신할 수 있는 로봇 등이 리모컨을 이용하여 조종할 수 있는 로봇의 대표적인 예이다. 이러한 로봇은 인간과 로봇 간의 인터페이스보다는 로봇과 주위 환경 간의 인터페이스가 더 중요시된다. 따라서 이러한 로봇의 대부분은 주변 환경을 파악하고 적절히 동작하기 위해 적외선 센서, 초음파 센서 등을 사용한다.

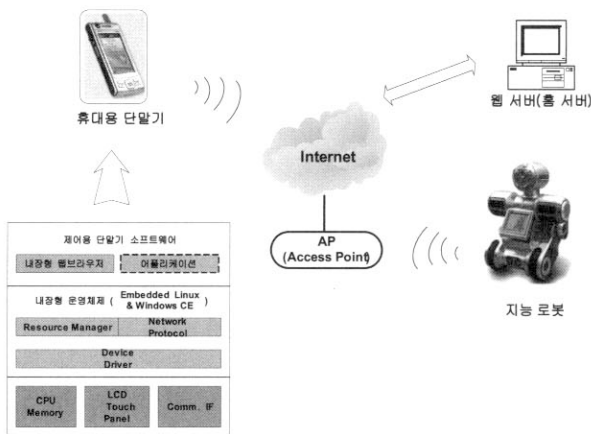
휴대용 단말기를 이용하여 원거리에서 조종이 가능한 로봇은 무선 통신 기능을 보유하고 있으며, 센서나 카메라를 이용하여 인간에게 원격지 정보를 보낼 수 있다. 휴대용 단말기에서 지원되는 여러 가지 멀티미디어 기능을 이용하면 인간은 편리하게 로봇을 원격 조종할 수 있다. (그림 2)와 같이 휴대용 단말기로 인터넷을 통하여 원격지 로봇을 조종할 수 있으며, 로봇은 무선을 통하여 해당 네트워크에 연결되며 서버는 사용자에게 로봇을 조종하기 위한 정보를 제공할 수 있다[7-9]. 로봇이나 서버에 연결된 카메라를 이용하여 획득한 영상은 다른 센서를 이용하여 획득한 로봇과 주위 환경에 대한 정보와 함께 피드백 정보로 사용할 수 있다 [10-12].

인터넷을 통하여 정보를 교환할 때 정보 교환 시간을 정확히 예측할 수 없어서 원격 조종의 불확실성을 높일 수 있기 때문에 정보 교환 시간 지연으로 인한 원격 조종 불확실성 문제를 완화시키려면 교환되는 정보량을 줄여야 한다 [7]. 이를 위해서 로봇의 자율화 수준을 올려서 조종 명령을 단순화 하고 간단한 형태의 피드백 정보를 사용할 수 있도록 하여야 한다.

인간의 감각을 그대로 이용하여 조종할 수 있는 로봇은 여러 가지 기능을 보유하고 있어서 인간이 별도의 장치를 이용하지 않고 편리하게 조종할 수 있다[13, 14]. 이러한 로봇에는 박수 소리나 간단한 단어, 문장 등을 인식하는 기술



(그림 1) 지능 로봇 인터페이스



(그림 2) 휴대용 단말기 이용 로봇 조종 시스템

과 인간 또는 사물을 인지, 판단할 수 있는 인식 기술이 적용되고 있다. 입력 장치로는 로봇에 부착된 마이크나 터치 스크린(Touch screen) 등이 사용되며, 출력 장치로는 스피커, LED, LCD 등을 사용한다. 향후 로봇은 더 향상된 방법으로 인간의 의도를 인식하여 작업을 수행하고 그 결과를 인간에게 알려줄 수 있을 것으로 예상된다.

3. 휴대용 단말기 기반 사용자 인터페이스

휴대용 단말기를 이용하여 지능 로봇을 조종하는 경우 PC를 이용하여 로봇을 조종하는 경우와 달리 디스플레이 장치가 작고 다른 입출력 장치도 제한되기 때문에 이를 고려하여 사용자 인터페이스를 개발해야 한다[6].

휴대용 단말기의 사용자 인터페이스는 사용자 명령을 입력하는 기능과 원격지 로봇이나 서버로부터 전달받은 피드백 정보를 출력하는 기능으로 나누어 볼 수 있다. 인터넷을 통하여 사용자와 로봇 간에 정보를 교환하는 시간은 상황에 따라 변하며 예측이 어렵다.

이러한 인터넷 상의 정보 전송 시간 지연은 사용자와 원격지 로봇 간에 밀접한 상호 작용을 어렵게 한다. 따라서 정보 전송 시간 지연으로 인한 문제를 완화하기 위하여 사용자가 로봇에게 전송하는 명령의 양과 로봇이 사용자에게 보내는 피드백 정보 양을 줄여야 한다.

3.1 사용자 명령입력

휴대용 단말기에는 외부 버튼을 포함하여 카메라, 마이크, 터치 스크린 등 여러 가지 입력 장치가 있기 때문에 이를 이용하여 원격지 로봇을 조종할 수 있다.

휴대용 단말기의 외부 버튼은 자율화 수준이 높지 않은 로봇을 사용자가 직접 조종하여 이동시키는 경우에 사용될 수 있다. 핸들(Wheel)이나 조이스틱(Joystick) 형태의 입력 장치를 이용하면 로봇의 방향과 속도를 용이하게 조종할 수 있다. 미리 정의된 함수 키(Function key)를 이용하면 자율화 수준이 높은 지능 로봇이 특정 작업을 수행하도록 할 수 있다. 터치 스크린을 사용하여 휴대용 단말기 디스플레이

장치에 표시된 버튼을 클릭하거나 화면의 특정 지점 클릭, 가상 키보드 입력, 드래그(Drag), 영역지정 등의 방법으로 사용자가 원하는 명령을 입력할 수 있다. 휴대용 단말기에 설치된 카메라나 마이크를 이용하면 음성이나 영상을 입력할 수 있고, 입력 음성과 영상을 이용하여 사용자를 인증하거나 원격지 로봇을 조종할 수도 있다.

로봇의 자율화 수준을 높여서 사용자가 로봇을 일일이 조종하지 않고 관리 조종(Supervisory control) 하면 사용자가 로봇에 전달하는 명령의 정보 량과 횟수를 줄일 수 있기 때문에 시간 지연 문제를 완화할 수 있다[15].

3.2 피드백 정보 출력

사용자가 로봇을 조종하면서 로봇 상태, 작업 상태, 주위 환경에 대한 정보를 얻기 위해서 로봇으로부터 피드백 정보를 받아야 한다. 피드백 정보로 많이 사용하는 형태는 영상 정보이고, 대부분 JPEG(Joint Photographic Experts Group) 형태를 이용하여 전송하고 있다. 원래(raw) 영상에 비해 JPEG 영상을 전송하면 전송 시간이 줄어들지만 작업에 따라서는 JPEG 영상 전송시간으로 인한 지연도 허용할 수 없는 경우도 있다. 이를 해결하기 위해 원격지 로봇이 수행한 작업 결과를 확인할 때만 영상 정보를 사용하고, 작업 도중에 필요한 정보는 영상 정보가 아닌 다른 형태의 정보를 이용하는 방법이 있다[16-18]. 즉 피드백 정보를 숫자 및 문자와 같이 간단하게 나타낼 수 있는 정보, 음성 및 단순 음(Beep) 같은 소리 정보, 단말기 진동과 같은 정보로 나타내는 것이다.

원격지 로봇이나 서버로부터 전송되어 온 정보를 출력하기 위해서 휴대용 단말기의 LCD 장치를 이용하면 영상 정보뿐만 아니라 문자 정보를 그대로 보여주거나 수치 데이터를 그래프의 형태로 보여주는 것도 가능하다. 또한 전송 받은 정보를 분석하여 지도 형태로 표현 할 수도 있고, 고성능 단말기는 3차원 가상환경을 구성할 수도 있다[19, 20].

원격지 로봇이 특정 작업을 수행하는 도중에 예상치 못한 상황에 직면하면 해당 상황을 사용자에게 알려주어야 한다. 이때 효과적으로 사용할 수 있는 정보가 소리와 진동이다. 로봇의 상태에 대한 정보를 단말기의 스피커를 통해 미리 녹음된 음성이나 멜로디 또는 단순 음(Beep)을 통해 표현하거나 단말기 진동을 통해 표현하는 방법은 로봇의 동작에 주의를 기울이지 않고 있는 사용자에게 정보를 전달하는 효율적인 방법이다.

3.3 휴대용 단말기 사용자 인터페이스 분류

특정 지능 로봇에 최적화된 사용자 인터페이스를 개발하여 사용하면 해당 로봇을 가장 효율적으로 조종할 수 있을 것이다. 그러나 모든 로봇에 최적화된 사용자 인터페이스를 일일이 개발하는 것은 비효율적이기 때문에 지능 로봇 자율화 수준 및 기능에 따라 통합된 사용자 인터페이스를 개발할 필요가 있다. <표 1>은 지능 로봇의 자율화 수준, 이동성, 수행 작업에 따라 휴대용 단말기 기반 사용자 인터페이스 기능을 분류해 놓은 것이다.

“주행 조종”은 로봇 이동 방법에 따른 사용자 인터페이스 방법을 의미한다. “직접 조종”은 단말기의 외부 버튼이나 디스플레이 장치에 표시된 버튼을 이용하여 자율화 수준이 낮은 로봇을 직접 조종하여 이동시키는 사용자 인터페이스 방법이다. “목표 지정”은 디스플레이 장치 화면을 보고 로봇을 이동시키고자 하는 곳을 지정해 주면 로봇이 자율적으로 이동하는 사용자 인터페이스 방법으로서 터치 스크린상의 목적지 클릭, 가상 키보드를 이용한 좌표 입력 등의 방법으로 조종할 수 있다. “목표 추적”은 사용자가 지정한 목표물의 위치가 변화하면 로봇이 센서 정보를 이용하여 자율적으로 목표물을 추적할 수 있도록 하는 방법이다. 이 방법은 목표 지정 방법과 유사하게 로봇이 제공하는 정보를 이용하여 목표물을 지정할 수 있는 사용자 인터페이스 방법이다. “자율주행”에서는 사용자가 별도로 명령을 입력하지 않아도 로봇이 자율적으로 상황을 판단하고 적절한 작업을 수행하는 인터페이스 방법이다.

“작업 조종”은 로봇 기능에 따라 사용자 인터페이스를 모듈화 하는 것을 의미한다. 사용자 인터페이스는 로봇의 기능에 따라 설정되기 때문에 로봇을 조종하기 위해서는 로봇의 기능에 따라 필요한 조종 버튼을 추가할 수 있도록 사용자 인터페이스를 모듈화 하여야 한다. 예를 들어 가사지원 로봇은 청소 기능이나 잔디 깎기 기능, 오락/교육 로봇은 게임 기능이나 가정교사 기능 등에 대해 사용자 인터페이스를 모듈화 하여야 한다.

“센서 기반 정보 출력”은 로봇의 여러 가지 센서를 이용하여 획득한 정보를 사용자에게 알려주는 피드백 정보에 대한 출력을 의미한다. “숫자 및 문자”는 로봇의 상태를 나타내기 위해서 숫자나 문자를 이용하는 방법이고, “영상”은 로봇에 설치 되어 있는 카메라나 서버에 연결된 카메라를 이용하여 로봇과 주변 상황을 영상 형태로 보여주는 방법을 나타낸다. “지도 정보”는 로봇의 센서 정보를 이용하여 주위 환경에 대한 간략화된 지도를 구성하고 지도 상에 로봇의 위치를 표시하거나, 이미 정의된 지도 상에 로봇의 위치를

표시하는 방법이다. “가상 환경”은 로봇이 작업하고 있는 실제 상황과 유사한 3차원 환경을 나타내는 방법이다.

“대화형 조종”은 로봇이 다음 행동에 대하여 자율적으로 판단하지 못해서 사용자에게 도움을 요청하는 경우에 사용하는 방법이다. 로봇이 요청할 경우에만 사용자가 명령을 내려서 로봇을 조종하는 것이다.

<표 1>과 같은 사용자 인터페이스의 기능은 지능 로봇의 자율화 수준이나 기능에 따라 여러 가지 조합으로 구성 될 수 있기 때문에 각 기능은 서로 독립된 형태의 모듈로 구성 되어야 한다.

4. 사용자 인터페이스 개발

앞에서 설명한 바와 같이 휴대용단말기 상에 영상 정보를 기반으로 사용자 인터페이스를 개발하여 다른 사용자 인터페이스 기능과 함께 실제 로봇을 조종하기 위하여 사용할 수 있으며, 또는 지도 정보를 기반으로 사용자 인터페이스를 개발하여 다른 사용자 인터페이스 기능과 함께 사용할 수도 있다. 필요에 따라 영상 기반 사용자 인터페이스와 지도 기반 사용자 인터페이스를 결합하여 로봇을 조종하는 데 사용할 수도 있다.

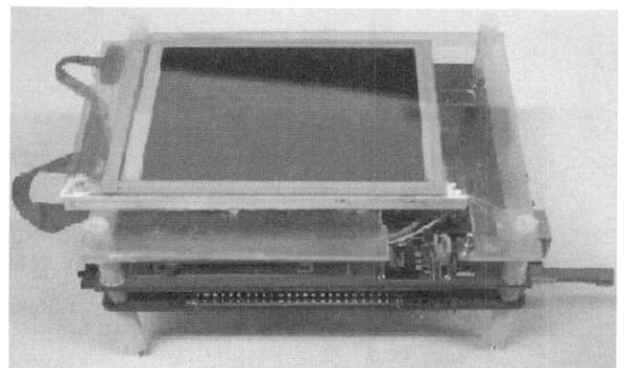
4.1 영상 정보 기반 사용자 인터페이스

(그림 3)에 나타난 단말기는 로봇 조종용으로 개발한 것으로 인텔의 XScale PXA255를 사용하고, 피드백 정보를 나타내기 위해 LCD를 사용하였으며 사용자 입력을 위해서 터치 판넬(Touch Panel)을 사용하였다. 주변 장치로CF 카드와 PCMCIA 카드를 연결할 수 있는 슬롯이 있으며 이 슬롯을 이용하여 무선 랜 카드를 장착할 수 있다. 단말기 운영체제로는 임베디드 리눅스를 사용하였고 GUI 구성을 위해 Qt/Embedded GUI toolkit을 사용하였다.

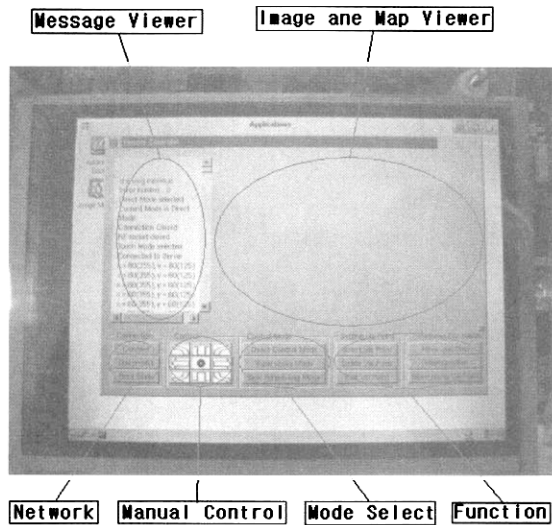
(그림 4)는 로봇을 조종하기 위해 개발된 영상 정보 기반 사용자 인터페이스를 나타낸다. 사용자 인터페이스는 서버와 연결할 수 있는 네트워크 관련 버튼과 로봇을 직접 조종할 수 있는 수동 조종(Manual Control) 버튼, 조종 모드를 선택할 수 있는 모드 선택(Mode Select) 버튼, 로봇이 보유

<표 1> 사용자 인터페이스 기능 분류

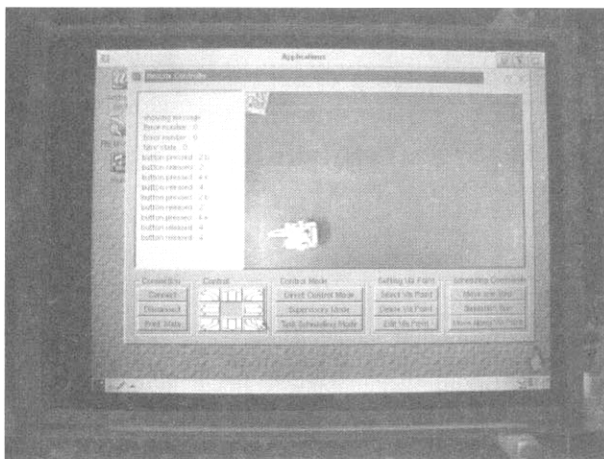
사용자 인터페이스		지능 로봇
주행 조종	직접 조종	• 명령을 전달 받아 이동
	목표 지정	• 지정된 목적지로 자율적 이동
	목표 추적	• 이동 목표물 자율적 추적
	자율 주행	• 상황을 자율적으로 판단하여 적절한 작업 수행
작업 조종	로봇기능에 따른 모듈화	• 기능에 따라 해당 작업 수행
센서 기반 정보 출력	숫자, 문자	• 숫자나 문자로 정보 제공
	영상	• 카메라 이용 영상 정보 제공
	지도 정보	• 미리 정의되거나 센서 정보로 얻어진 지도상에 로봇의 위치 확인
	가상 환경	• 3차원 가상 환경 제공
대화형 조종	사용자 추가명령 요청	• 로봇이 자율적으로 판단할 수 없는 상황에서 사용자에게 추가 명령 요청



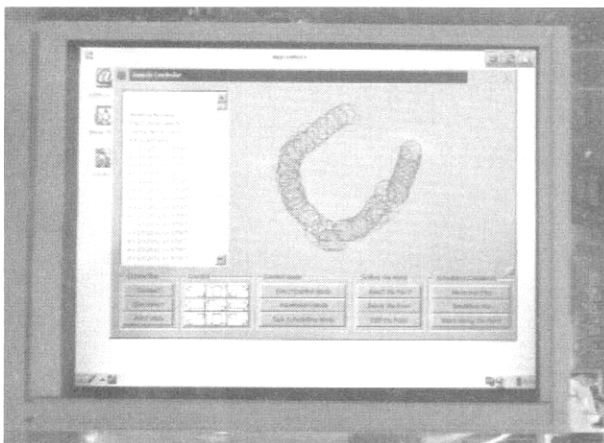
(그림 3) 개발된 로봇 조종 단말기



(그림 4) 사용자 인터페이스



(그림 5) 로봇 직접 조종



(그림 6) 로봇 이동 위치 궤적 표시

한 기능을 수행시킬 수 있는 함수(Function) 버튼을 포함하고 있다. 또한 피드백 정보를 디스플레이 해주는 영상 및 지도 표시(Image and Map Viewer) 부분과 로봇이나 서버

로부터 전송되는 정보를 문자로 표시해 주는 메시지 표시(Message Viewer) 부분도 포함한다.

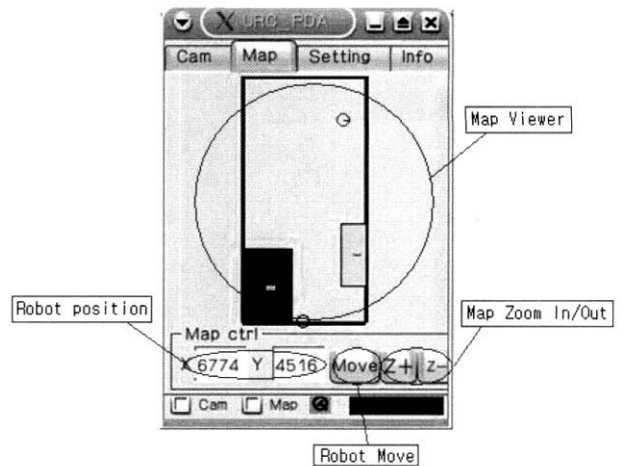
(그림 5)는 사용자가 서버에서 전송된 실제 영상을 단말기에서 보면서 로봇을 직접 조종하는 것을 나타낸다. (그림 6)은 전송 정보량을 줄이기 위해서 서버가 실제 영상에서 목표물을 따라 이동하는 로봇의 현재 위치를 계산하여 단말기에 전송하고, 단말기는 이 값을 이용하여 LCD 상에 이동하는 로봇 위치를 원으로 나타내는 것을 보여준다.

로봇이 이동하는 모습을 실제 영상으로 전송하는 방식에서 영상 정보만을 전송했을 때는 로봇의 움직임이 끊기지 않았으나 영상 외에 부가적으로 사용자가 명령을 내리는 등 로봇과 사용자간의 정보 전달이 일어나면 영상이 끊기는 현상이 발생한다. 하지만 영상이 아닌 로봇의 좌표 정보를 전송했을 때는 로봇의 움직임이 끊기지 않고 화면에 출력된다.

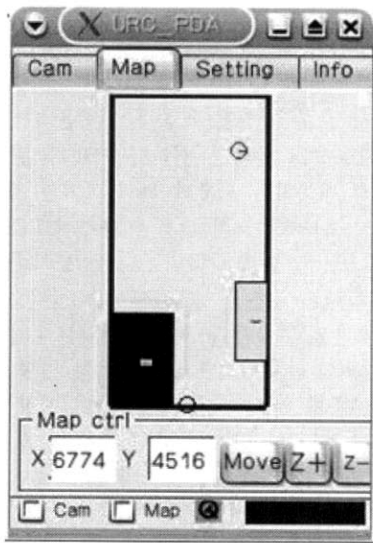
4.2 지도 정보 기반 사용자 인터페이스

지도 정보 기반 사용자 인터페이스를 구현하기 위해 삼성 전자 MITs PDA를 사용하였다. 이 PDA는 200MHz의 S3C24A0Arm9를 사용하고 IEEE 802.11b 기능을 보유하고 있다. 피드백 정보 출력을 위해 LCD를 사용하였고 사용자 입력을 위해 터치 패널을 사용하였다. 운영체제는 임베디드 리눅스를 사용하였고 GUI 구성을 위해 Qt/Embedded GUI toolkit을 사용하였다. (그림 7)은 이 PDA에서 Qt/Embedded를 이용하여 개발된 지도 기반의 사용자 인터페이스를 나타낸다.

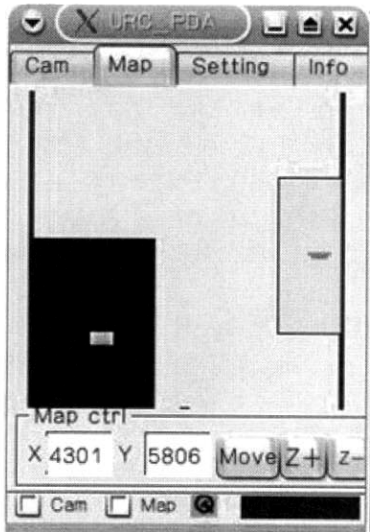
사용자 인터페이스는 로봇의 현재 좌표를 표시하는 로봇 위치 (Robot position) 부분과 로봇 이동 명령을 서버로 전달하는 로봇 이동 (Robot Move) 버튼, 지도를 확대 또는 축소시킬 수 있는 지도 확대 축소 (Map Zoom In/Out) 버튼, 지도상에 로봇 위치를 표시하는 지도 표시 (Map Viewer) 부분으로 구성되어 있다. 로봇이 이동해야 할 목표 위치는 LCD에 표시되는 지도를 보고 터치 패널을 이용하여 입력할 수 있다. 즉 사용자는 화면의 특정 지점을 클릭하는 것만으



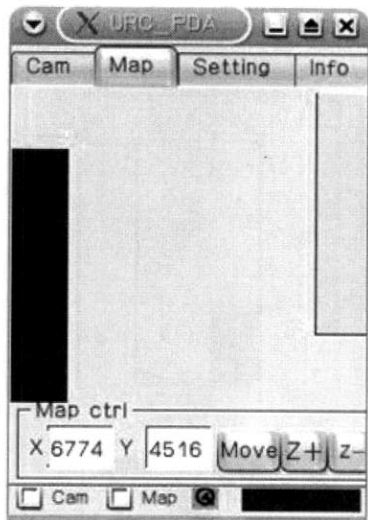
(그림 7) 지도 기반의 사용자 인터페이스



(a) 1배



(b) 2배



(c) 4배

(그림 8) 지도 확대

버전	가로 크기	세로 크기	벽의 개수	물체의 개수	로봇 스테이션 개수	벽의 좌표	...
...			1번 물체 이름	R	G	B	특지점의 개수
특지점의 좌표 ...			2번 물체 이름	R	G	B	
특지점의 개수	특지점의 좌표 ...				1번 스테이션 이름	X 좌표	Y 좌표
도킹부의 각도	2번 스테이션 이름	X 좌표	Y 좌표	도킹부의 각도	...		

(그림 9) 지도 정보 전송 프로토콜

로봇이 이동해야 할 목표 위치를 지정할 수 있고, 목표 위치가 선택 된 후에 이동 (Move) 버튼을 눌러서 로봇이 이동해야 할 좌표를 서버로 보내게 된다. (그림 8)은 지도 확대 기능을 이용하여 지도를 2배와 4배로 확대한 것을 나타낸다.

(그림 9)는 로봇이 사용자 인터페이스로 보내는 지도 정보의 프로토콜 구조를 나타낸다. 로봇이 몇 번째로 지도 정보를 보내는지를 알려주는 버전 정보와 전체 지도의 크기, 몇 개의 벽이 있고 어느 좌표에서 시작해서 어느 좌표로 끝나는지, 로봇 주변에는 몇 개의 물체가 있고 어떤 모양인지, 물체의 좌표값은 얼마인지, 또 충전기와 같이 로봇이 도킹할 수 있는 스테이션은 어디에 있고 어느 각도에 도킹 커넥터가 있는지 정보를 전송하여 사용자 인터페이스에서 지도를 그릴 수 있도록 하였다. 이렇게 가상의 지도를 그리면 영상 정보를 전송하는 경우보다 전송량을 줄이면서도 사용자에게 직관적인 인터페이스를 제공할 수 있다. 또 지도를 확대하거나 줄이는 등 자유롭게 처리할 수 있으므로 로봇을 이동시키기 편리해진다.

5. 결 론

지능 로봇을 조종하기 위해 모든 로봇마다 전용(dedicated)의 사용자 인터페이스를 개발하는 것은 비효율적이다. 따라서 지능 로봇의 자율화 수준 및 기능에 따른 사용자 인터페이스의 통합과 표준화가 이루어져야 한다. 이를 위해서 사용자 인터페이스 기능의 각 요소에 대한 모듈화가 필요하다. 사용자 인터페이스의 기능이 서로 독립적인 모듈로 구성되면 각 모듈의 추가와 삭제가 용이해지고, 조종하고자 하는 지능 로봇의 특성에 맞게 사용자 인터페이스를 용이하게 구성할 수 있을 것이다. 또한 각 모듈마다 별도로 수정이 가능하고 새로운 모듈도 용이하게 추가할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] K. S. Fu, R. C. Gonzalez, and C. S. G. Lee, Robotics: control, sensing, vision and intelligence. New York, McGraw-Hill, 1987.
- [2] E. Guglielmelli, et.al, "A modular and distributed supervisory system for a semi-autonomous personal robot for

- household applications," *Proc. of the 8th International Conf. ICAR Robotics*, 7-9 July, 1997.
- [3] H. Kaymaz Keskinpala, et.al, "Objective Data Analysis for PDA-Based Human-Robot Interaction," *Proc. of the 2004 IEEE International Conf. on Systems, Man and Cybernetics*, 2004.
- [4] H. K. Keskinpala, et.al, "PDA-based human-robotic interface," *Proc. of the IEEE International Conf. on Systems, Man and Cybernetic*, Vol.4, pp.3931-3936, 2003.
- [5] George Chronis and Marjorie Skubic, "Sketch-Based Navigation for Mobile Robots," *Proc. of the IEEE International Conf. on Fuzzy Systems*, pp.284-289, 2003.
- [6] C. Lundberg, C. Barck-Holst, J. Folkesson and H. L. Christensen, "PDA Interface for a field robot," *Proc. of the 2003 IEEE/RSJ International Conf. on Intelligent Robots and Systems*, Vol.3, pp.2882-2888, 2003.
- [7] R. C. Luo, et.al, "Network intelligent robot through the Internet," *Proc of the 2003 IEEE*, Vol.91, Issue: pp.371-382, 3 March, 2003.
- [8] Liu Yan, "A Study of teleoperation of robotic system via the Internet," *University of Alberta at Canada*, 2001.
- [9] Chanitnan, "Internet-based control," MS Thesis, *University of Texas of Arlington*, May, 2002.
- [10] J. E. F. Baruch and M. J. Cox, "Remote control and robots: An Internet solution," *IEEE Comput. Control Eng.*, Vol.7, No.1, pp.39-44, Feb., 1996.
- [11] 육진삼, 강근택, 이원창, "웹을 이용한 이동로봇의 원격 제어", 한국동력기계공학회지 제4권 제4호 pp.78 - 83, 2000. 11.
- [12] T. Fong, et.al, "Multi-Robot Remote Driving With Collaborative Control," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol.50, No.4, pp.699-704, Aug., 2003.
- [13] Marsh, and M. Bugajska, "Building a Multimodal Human-Robot Interface," *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 16, No.1, pp.16-21, January/February, 2001.
- [14] M.A. Bhuiyan, et.al, "ON TRACKING OF EYE FOR HUMAN-ROBOT INTERFACE," *International Journal of Robotics and Automation*, Vol.19, No.1, pp.42-54, 2004.
- [15] T. B. Sheridan, *Telerobotics, automation, and human supervisory control*. Cambridge, MA, MIT Press, 2000.
- [16] R. C. Luo, Tse Min Chen, "Remote supervisory control of a sensor based mobile robot via Internet," *Proc. of the Conf. IEEE/RSJ International*, Vol.2, pp.7-11 Sept., 1997.
- [17] J. Lee and P. Hsu, "Remote supervisory control of the Human-in-the-Loop System by Using Petri Nets and Java," *IEEE Transactions on industrial electronics*, Vol. 50, No.3, pp.431-439, June, 2003.
- [18] D. J. Bruemmer, et.al, "Mixed-Initiative Control for Remote Characterization of Hazardous Environments," *Proc. of the 36th Hawaii International Conf. on System Sciences*, 2002.
- [19] J. Jo, et.al, "Virtual Testing of Agile Manufacturing Software Using 3D Graphical Simulation," *Proc. of the IEEE International Conf. on Robotics and Automation, Albuquerque*, pp.1223-1228, New Mexico, April, 1997.
- [20] R. Safaric, et.al, "Control of Robot Arm with Virtual Environment via the Internet," *Proc. of the 2003 IEEE*, Vol.91, No.3, pp.422-429, March, 2003.

김 기 오



e-mail : gurugio@ece.skku.ac.kr
 2005년 성균관대학교 정보통신공학부(학사)
 2005년~현재 성균관대학교 대학원
 전자전기공학부 석사과정
 관심분야: 내장형 시스템, 실시간 운영체제

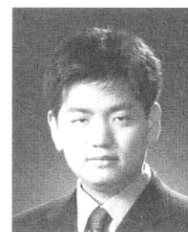
Pham Dai Xuan



e-mail : phamdaixuan@yahoo.com
 1994년 Univ. of Technology of Hochiminh
 City Computer Science(학사)
 2001년 University of Hochiminh City
 Information Technology(공학석사)
 2005년~현재 성균관대학교 전자전기공학부
 박사과정

관심분야: 모션 트래킹, 스테레오 비전

박 지 환



e-mail : fellens@gmail.com
 2006년 성균관대학교 정보통신공학부(학사)
 2006년~현재 성균관대학교 전자전기공학부
 석사과정
 관심분야: 내장형 시스템, 실시간 운영체제



홍 순 혁

e-mail : soonhyuk04.hong@samsung.com
1998년 성균관대학교 제어계측공학과(학사)
2000년 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학과
(공학석사)
2004년 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학과
(공학박사)

2004년~현재 삼성전자 통신연구소 책임연구원
관심분야: 지능 로봇, 네트워크 기반 로봇, 내장형 시스템



전 재 욱

e-mail : jwjeon@yurim.skku.ac.kr
1984년 서울대학교 전자공학과(학사)
1986년 서울대학교 전자공학과(공학석사)
1990년 Purdue University(Ph.D)
1990년~1994년 삼성전자 생산기술센터
선임연구원

1994년~현재 성균관대학교 정보통신공학부 교수
관심분야: 로봇공학, 내장형 시스템, 공장자동화